

SEMICONDUCTOR LIGHT EMITTING DEVICE

Patent Number: JP8316527

Publication date: 1996-11-29

Inventor(s): HISHIDA YUJI

Applicant(s): SANYO ELECTRIC CO LTD

Requested Patent: JP8316527

Application Number: JP19950115760 19950515

Priority Number(s):

IPC Classification: H01L33/00; H01L21/203; H01S3/18

EC Classification:

Equivalents:

Abstract

PURPOSE: To provide a semiconductor light emitting device which is high in degree of freedom of structure and light projecting efficiency and capable of being manufactured by cleavage.

CONSTITUTION: An N-GaN clad layer 2, an InGaN active layer 3, and a P-GaN clad layer 4 are epitaxially grown on a cubic N-ZnS substrate 1, a P-side electrode 5 is formed on the P-GaN clad layer 4, and an N-side electrode 6 is formed on the underside of the N-ZnS substrate 1.

Data supplied from the **esp@cenet** database - I2

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-316527

(43)公開日 平成8年(1996)11月29日

(51)Int.Cl. ⁶	識別記号	府内整理番号	F I	技術表示箇所
H 01 L 33/00			H 01 L 33/00	C
21/203			21/203	M
H 01 S 3/18			H 01 S 3/18	

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全6頁)

(21)出願番号 特願平7-115760

(22)出願日 平成7年(1995)5月15日

(71)出願人 000001889
三洋電機株式会社
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72)発明者 菱田 有二
大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三
洋電機株式会社内

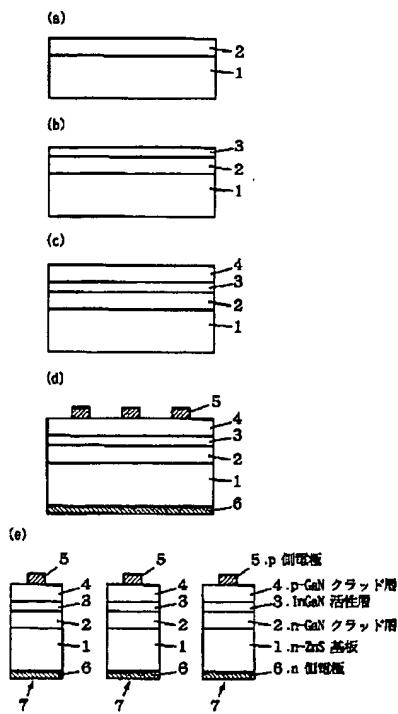
(74)代理人 弁理士 福島 祥人

(54)【発明の名称】 半導体発光素子

(57)【要約】

【目的】 素子構造の自由度が高く、外部への光の取り出し効率が高く、かつへき開により作製可能な半導体発光素子を提供することである。

【構成】 立方晶のn-ZnS基板1上に、n-GaNクラッド層2、InGaN活性層3およびp-GaNクラッド層4をエピタキシャル成長させ、p-GaNクラッド層4上にp側電極5を形成し、n-ZnS基板1の下面にn側電極6を形成する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 II-VI族の化合物半導体からなる導電性の基板上に、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体からなりかつ発光層を含むエピタキシャル成長層が形成され、前記基板が前記発光層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有することを特徴とする半導体発光素子。

【請求項2】 立方晶のII-VI族の化合物半導体からなる導電性の基板上に、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体からなるエピタキシャル成長層が形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項3】 前記導電性の基板は、硫黄、セレンおよびテルルの少なくとも1つと亜鉛とからなる化合物半導体に不純物元素が添加されてなることを特徴とする請求項1または2記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、GaN（窒化ガリウム）、AlN（窒化アルミニウム）もしくはInN（窒化インジウム）またはこれらの混晶からなる成長層を有する半導体発光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 直接遷移型のバンド構造を有するGaNは、青色あるいは紫色の光を発する発光ダイオード、半導体レーザ素子等の半導体発光素子の材料として有望である。しかしながら、GaNからなる基板が存在しないため、GaN系半導体発光素子を作製する際には他の材料からなる基板上にGaNをヘテロエピタキシャル成長させている。例えば、GaNと同じ対称性を有するサファイア（Al₂O₃）基板が用いられる。

【0003】 図4はサファイア基板を用いた従来のGaN系発光ダイオードの構造を示す断面図である。図4の発光ダイオードは日経マイクロデバイス1994年2月号の第92頁～第93頁に開示されている。

【0004】 図4において、サファイア基板31上にGaNバッファ層32が形成され、GaNバッファ層32上に、n-GaN層33、n-AlGaNクラッド層34、InGaN発光層35、p-AlGaNクラッド層36およびp-GaN層37が形成されている。p-GaN層37からn-GaN層33の上部領域までがエッチングされ、p-GaN層37の上面にp側電極38が形成され、n-GaN層33の上面にn側電極39が形成されている。このような発光ダイオードの構造はラテラル構造と呼ばれている。

【0005】 図4の発光ダイオードは、InGaN発光層35をn-AlGaNクラッド層34およびp-AlGaNクラッド層36で挟んだダブルヘテロ構造のpn接合を有し、青色の光を効率よく発生することができる。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 サファイア基板を用いた半導体発光素子においては、サファイアが可視光に対して透明であるため、GaN系の発光層からの光が基板で吸収されない。したがって、外部への光の取り出し効率が高い。

【0007】 しかしながら、サファイア基板が絶縁物であり、素子の上下方向に導電性がないので、サファイア基板の下面に電極を形成することができない。そのため、素子構造に制約があり、素子構造が複雑となる。例えば、図4の発光ダイオードでは、p-GaN層37からn-GaN層33の上部領域までをエッチングしてn側電極39をn-GaN層33の上面に形成している。

【0008】 さらに、サファイア基板にへき開性がないため、ウエハ上に形成された各素子をへき開により分離することができない。また、へき開により共振器端面が形成される半導体レーザ素子を作製することができない。

【0009】 一方、GaN基板を用いて低温成長を行うと、六方晶ではなく立方晶のGaN層をエピタキシャル成長させることが可能となる。図5はGaN基板を用いたGaN系発光ダイオードの一例である。

【0010】 図5において、GaN基板41上にn-GaN層42およびp-GaN層43が形成されている。p-GaN層43の上面にp側電極44が形成され、GaN基板41の下面にn側電極45が形成されている。

【0011】 このように、GaN基板を用いた発光ダイオードでは、GaNが導電性を有するので、GaN基板の下面に電極を形成することができ、構造が簡素化される。また、GaN基板上に形成された立方晶のGaN層はへき開性を有するので、ウエハ上の各素子をへき開により分離することができとなり、また半導体レーザ素子を作製することも可能となる。

【0012】 しかしながら、GaNのバンドギャップがサファイアのバンドギャップに比べて小さいので、GaN層からの光がGaN基板で吸収され、外部への光の取り出し効率が低い。

【0013】 本発明の目的は、素子構造の自由度が高く、かつ外部への光の取り出し効率が高い半導体発光素子を提供することである。本発明の他の目的は、素子構造の自由度が高く、かつへき開により作製可能な半導体発光素子を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】 第1の発明に係る半導体発光素子は、II-VI族の化合物半導体からなる導電性の基板上に、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体からなりかつ発光層を含むエピタキシャル成長層が形成され、基板が発光層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップ

を有するものである。発光層からの光が基板を透過することが好ましい。

【0015】特に、導電性の基板は、硫黄、セレンおよびテルルの少なくとも1つと亜鉛とからなる化合物半導体に不純物元素が添加されてなることが好ましい。第2の発明に係る半導体発光素子は、立方晶のII-VI族の化合物半導体からなる導電性の基板上に、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体からなるエピタキシャル成長層が形成されたものである。

【0016】特に、導電性の基板は、硫黄、セレンおよびテルルの少なくとも1つと亜鉛とからなる化合物半導体に不純物元素が添加されてなることが好ましい。

【0017】

【作用】II-VI族の化合物半導体は、不純物元素の添加により導電性を付与することが可能である。また、II-VI族の化合物半導体は、組成の選択によりそのバンドギャップをガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体のバンドギャップよりも大きくなり、その吸収端の波長を発光層での発振波長よりも短くすることが可能である。さらに、ガリウム、アルミニウムおよびインジウムの少なくとも1つを含むIII族の窒化物半導体は、立方晶の基板上にエピタキシャル成長させると立方晶となる。

【0018】第1および第2の発明に係る半導体発光素子においては、II-VI族の化合物半導体からなる導電性の基板を用いているので、素子構造の自由度が高く、素子構造を簡素化することが可能とする。

* 【0019】特に、第1の発明に係る半導体発光素子においては、基板のハンドギャップが発光層のバンドギャップよりも大きいので、発光層からの光が基板で吸収されない。したがって、外部への光の取り出し効率が高くなる。

【0020】また、第2の発明に係る半導体発光素子においては、立方晶のII-VI族の化合物半導体からなる基板上に形成されたIII族の窒化物半導体が立方晶となるので、ウエハ上に形成された各素子をへき開により分離することが可能となる。また、半導体レーザ素子を作製することも可能となる。

【0021】

【実施例】図1は本発明の第1の実施例によるGaN系発光ダイオードの製造方法を示す工程断面図である。

【0022】まず、図1(a)に示すように、結晶成長面の面方位が{100}である立方晶のn-ZnS基板1上に、膜厚5μmのn-GaNクラッド層2を形成する。n-ZnS基板1には不純物元素としてA1が添加されている。次に、図1(b)に示すように、n-GaNクラッド層2上に膜厚0.1μmのInGaN活性層3を形成する。さらに、図1(c)に示すように、InGaN活性層3上に膜厚2μmのp-GaNクラッド層4を形成する。n-GaNクラッド層2、InGaN活性層3およびp-GaNクラッド層4は、MBE法(分子線エピタキシャル成長法)により連続的に成長させる。成長条件を表1に示す。

【0023】

【表1】

成長条件	
n-GaN層2	$P_{\text{Ga}} = 2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (固体ソース) $P_{\text{N}_2} = 4 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (N ₂ ラジカルビーム, RFパワー=100W) $T_{\text{sub}} = 1070^\circ\text{C}$ 成長温度=600°C
InGaN層3	$P_{\text{Ga}} = 2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (固体ソース) $P_{\text{In}} = 5 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (固体ソース) $P_{\text{N}_2} = 4 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (N ₂ ラジカルビーム, RFパワー=100W) 成長温度=600°C
p-GaN層4	$P_{\text{Ga}} = 2 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (固体ソース) $P_{\text{N}_2} = 4 \times 10^{-4} \text{ Torr}$ (N ₂ ラジカルビーム, RFパワー=100W) $T_{\text{sub}} = 300^\circ\text{C}$ 成長温度=600°C

【0024】表1において、 P_{Ga} は固体ソースであるGa蒸気の圧力を示し、 P_{N_2} はN₂ガスの圧力を示し、 P_{In} は固体ソースであるIn蒸気の圧力を示す。また、 T_{sub}

はS_i噴出用セルの温度を示し、 T_{sub} はMg噴出用セルの温度を示す。

【0025】次に、図1(d)に示すように、真空蒸着

法により、p-GaNクラッド層4上に膜厚1000ÅのAuからなるp側電極5を形成し、n-ZnS基板1の下面に膜厚1000ÅのInからなるn側電極6を形成する。最後に、図1(e)に示すように、各発光ダイオードチップ7の分離を行う。各発光ダイオードチップ7の分離はへき開により行ってもよい。

【0026】このように、第1の実施例の発光ダイオードにおいては、n-ZnS基板1が導電性を有するので、n側電極6をn-ZnS基板1の下面に形成することができる。したがって、素子構造が簡素化される。

【0027】また、n-ZnS基板1のバンドギャップ(3.7eV)がInGaN活性層3のバンドギャップ(例えば3eV)よりも大きいので、InGaN活性層3からの光がn-ZnS基板1で吸収されない。したがって、外部への光の取り出し効率が高くなる。

【0028】さらに、n-ZnS基板1の結晶形が立方晶であるため、n-ZnS基板1上にエピタキシャル成長したn-GaNクラッド層2、InGaN活性層3およびp-GaNクラッド層4の結晶形も立方晶となる。したがって、各発光ダイオードチップ7をへき開により分離することが可能となる。

【0029】本実施例の発光ダイオードは、InGaN活性層3をn-GaNクラッド層2およびp-GaNクラッド層4で挟んだダブルヘテロ構造のpn接合を有し、青色の光を効率良く発生することができる。

【0030】図2および図3は本発明の第2の実施例に*

*による半導体レーザ素子の製造方法を示す工程断面図である。まず、図2(a)に示すように、結晶成長面の面方位が{100}である立方晶のn-ZnS基板11上に、MBE法により、膜厚5μmのn-GaNクラッド層12、膜厚0.1μmのInGaN活性層13および膜厚2μmのp-GaNクラッド層14を連続的に成長させ、GaN系ダブルヘテロ構造を形成する。成長条件は、表1に示した条件と同様である。

【0031】次に、図2(b)に示すように、p-GaNクラッド層14上に、CVD法(化学的気相成長法)により膜厚500ÅのSiO₂膜15を形成する。そして、図2(c)に示すように、フォトリソグラフィーによりSiO₂膜15をストライプ状にパターニングする。次に、SiO₂膜15をマスクとしてp-GaNクラッド層14、InGaN活性層13およびn-GaNクラッド層12およびn-ZnS基板11をエッティングする。エッティング方法としては、塩素系のドライエッティングを用いる。

【0032】次いで、図2(e)に示すように、MBE法によりアンドープの高抵抗ZnS層16を結晶成長させることにより、GaN系ダブルヘテロ構造の埋め込みを行う。高抵抗ZnS層16の成長条件および後述するp-GaNコンタクト層17の成長条件を表2に示す。

【0033】

【表2】

成長条件	
高抵抗ZnS層16	$P_{ZnS} = 4 \times 10^{-7}$ Torr 成長温度 = 260°C
p-GaNコンタクト層17	$P_{O_2} = 2 \times 10^{-6}$ Torr (固体ソース) $P_N = 4 \times 10^{-4}$ Torr (N ₂ ラジカルビーム、RFパワー = 100W) 成長温度 = 600°C

【0034】表2において、 P_{ZnS} はZnS蒸気の圧力を示す。次に、図3(f)に示すように、リフトオフ法により、SiO₂膜15をその上の高抵抗ZnS層16とともに除去する。SiO₂膜15の除去にはフッ化水素酸水溶液によるエッティングを用いる。

【0035】次に、図3(g)に示すように、MBE法により、表2に示した成長条件で、p-GaNクラッド層14上および高抵抗ZnS層16上に膜厚5000Åのp-GaNコンタクト層17を形成する。

【0036】その後、図3(h)に示すように、真空蒸着法により、p-GaNコンタクト層17の上面に膜厚1000ÅのAuからなるp側電極18を形成し、n-ZnS基板11の下面に膜厚1000ÅのInからなる

n側電極19を形成する。最後に、図3(i)に示すように、へき開により半導体レーザチップ20の分離を行う。その際、共振器面は{110}へき開面を用いて形成する。

【0037】本実施例の半導体レーザ素子は、InGaN活性層13をn-GaNクラッド層12およびp-GaNクラッド層14で挟んだダブルヘテロ構造のpn接合を有し、青色の光を効率良く発生することができる。

【0038】このように、立方晶のn-ZnS基板11上に形成されたn-GaNクラッド層12、InGaN活性層13、p-GaNクラッド層14、p-GaNコンタクト層17および高抵抗ZnS層16が立方晶となるので、へき開により半導体レーザ素子の共振器端面を

形成することが可能となる。

【0039】なお、第1および第2の実施例では、II-VI族の化合物半導体からなる基板としてZnS基板を用いているが、ZnS基板の代わりに、ZnSeもしくはZnTe、またはこれらの混晶、例えばZnSSeからなる基板を用いてもよい。また、II-VI族の化合物半導体からなる基板上に形成するエピタキシャル成長層は、GaNまたはInGaNに限らず、GaN、AlN、InN、AlGaN、InGaN、InAlNおよびInAlGaNのうちいずれか1種類または複数種類からなってもよい。

【0040】また、第1の実施例において、立方晶のZnS基板の代わりに六方晶のZnS基板を用いてもよい。この場合にも、活性層からの光がZnS基板で吸収されず、外部への光の取り出し効率が高くなる。

【0041】

【発明の効果】第1の発明によれば、II-VI族の化合物半導体からなる基板が導電性を有しあつ発光層のバンドギャップよりも大きいバンドギャップを有するので、素子構造の自由度が高く、かつ発光層からの光が基板で吸収されない。したがって、製造工程が複雑化せず、かつ外部への光の取り出し効率が高い半導体発光素子が得られる。

【0042】第2の発明によれば、II-VI族の化合物半導体からなる基板が導電性を有しあつ立方晶であるので、素子構造の自由度が高く、かつ基板上に形成される

エピタキシャル成長層が立方晶となる。したがって、製造工程が複雑化せず、かつウエハ上に形成された各素子をへき開により分離することが可能な半導体発光素子が得られる。また、へき開により形成される共振器端面を有する半導体レーザ素子を作製することも可能となる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例によるGaN系発光ダイオードの製造方法を示す工程断面図である。

【図2】本発明の第2の実施例によるGaN系半導体レーザ素子の製造方法を示す工程断面図である。

【図3】本発明の第2の実施例によるGaN系半導体レーザ素子の製造方法を示す工程断面図である。

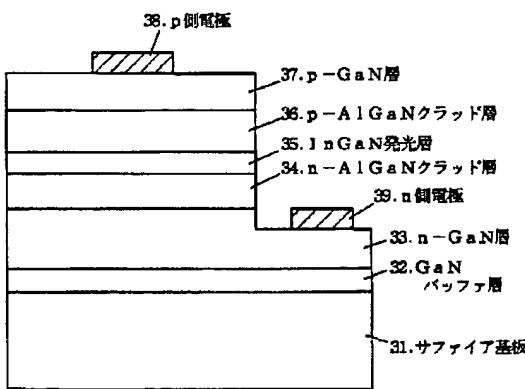
【図4】サファイア基板を用いた従来のGaN系発光ダイオードの構造を示す断面図である。

【図5】GaN基板を用いた従来のGaN系発光ダイオードの構造を示す断面図である。

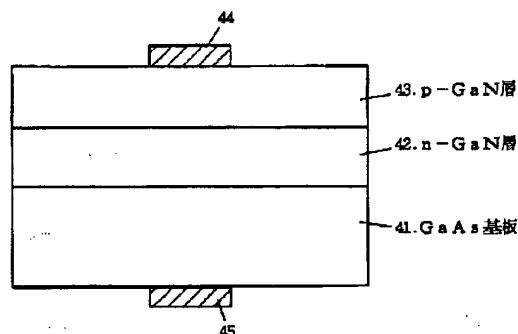
【符号の説明】

- 1, 11 n-ZnS基板
- 2, 12 n-GaNクラッド層
- 3, 13 InGaN活性層
- 4, 14 p-GaNクラッド層
- 5, 18 p側電極
- 6, 19 n側電極
- 16 高抵抗ZnS層
- 17 p-GaNコンタクト層

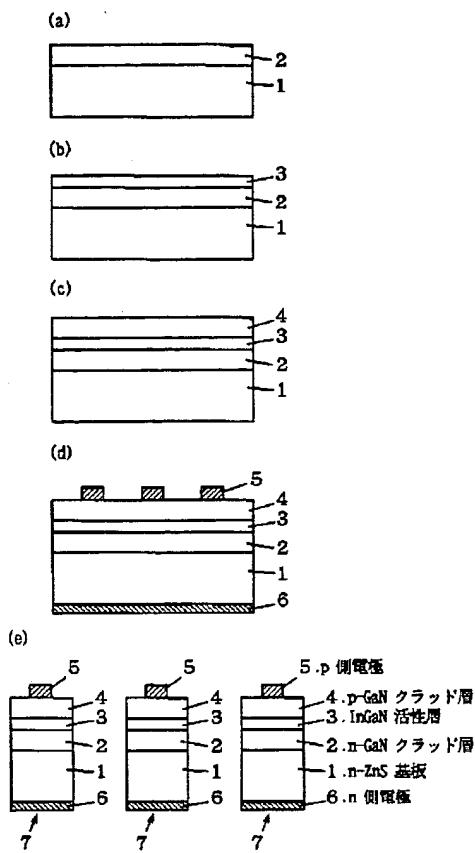
【図4】



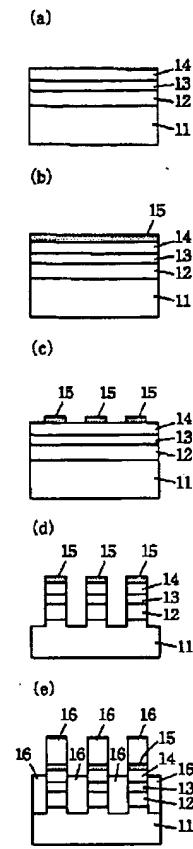
【図5】



【図1】



【図2】



【図3】

